

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-027179
 (43)Date of publication of application : 05.02.1993

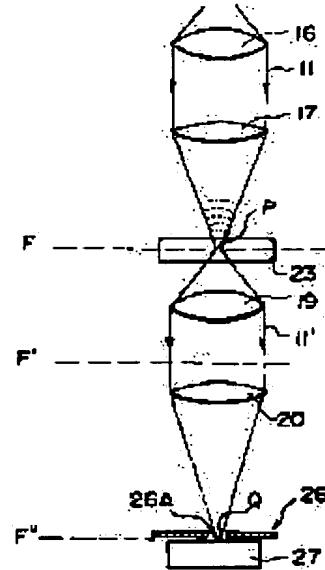
(51)Int.CI. G02B 21/06
 G02B 21/00

(21)Application number : 03-178329 (71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD
 (22)Date of filing : 18.07.1991 (72)Inventor : KIMURA TOSHIHITO

(54) SCANNING MICROSCOPE

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the resolution of the scanning microscope in a sample depth direction.
 CONSTITUTION: The objective 17 of a light transmission optical transmission system has a smaller numerical aperture than the objective 19 of a light reception optical system and at the position F'' of transmitted light convergence by the light reception optical system, a pinhole plate 26 which passes only a real image and a diffracted image of 0th order and cuts images of ≥ 1 th order is arranged. Then a detector which divides a spot image Q into plural picture elements and detects the brightness of the respective picture elements is used as an optical detector 27.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-27179

(43)公開日 平成5年(1993)2月5日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 B 21/06
21/00

識別記号

府内整理番号
7246-2K
7246-2K

F I

技術表示箇所

(21)出願番号

特願平3-178329

(22)出願日

平成3年(1991)7月18日

(71)出願人 000005201

富士写真フィルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 木村俊仁

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フィルム株式会社内

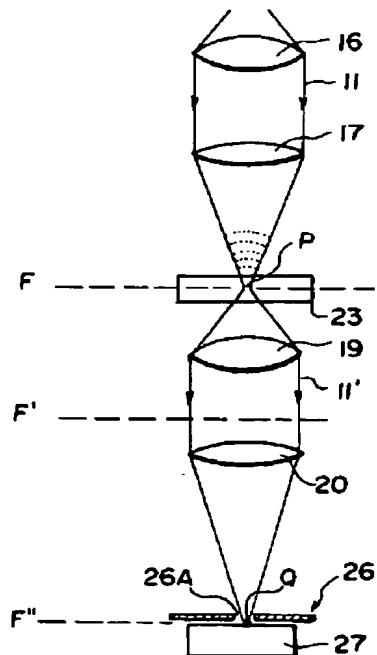
(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54)【発明の名称】 走査型顕微鏡

(57)【要約】

【目的】 走査型顕微鏡の試料深さ方向の分解能を向上させる。

【構成】 送光光学系18の対物レンズ17として、受光光学系21の対物レンズ19よりも開口数の小さいものを用い、受光光学系21による透過光収束位置F"に、この位置に生じる実像および0次の回折像のみを通過させて、1次以上の回折像はカットするピンホール板26を配設する。そして光検出器27として、点像Qを複数に画素分割してそれぞれの画素の明るさを検出するものを用いる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 試料が載置される試料台と、
 照明光を発する光源と、
 この照明光を試料において微小な光点として結像させる
 送光光学系と、
 前記試料を透過した光束を集光して点像に結像させる受
 光光学系と、
 この点像を検出する光検出器と、
 前記光点を試料上で走査させる走査手段とを備えた走査
 型顕微鏡において、
 前記送光光学系の対物レンズとして、受光光学系の対物
 レンズよりも開口数の小さいものが用いられ、
 前記受光光学系による透過光収束位置に、この位置に生
 じる実像および0次の回折像のみを通過させて、1次以
 上の回折像はカットする絞りが配設され、
 前記光検出器として、前記点像を複数に画素分割してそ
 れぞれの画素の明るさを検出するものが用いられている
 ことを特徴とする走査型顕微鏡。

【請求項2】 試料が載置される試料台と、
 照明光を発する光源と、
 この照明光を試料において微小な光点として結像させる
 送光光学系と、
 前記試料を透過した光束を集光して点像に結像させる受
 光光学系と、
 この点像を検出する光検出器と、
 前記光点を試料上で走査させる走査手段とを備えた走査
 型顕微鏡において、
 前記送光光学系の対物レンズとして、受光光学系の対物
 レンズよりも開口数の小さいものが用いられ、
 前記受光光学系により試料の照明光収束位置の回折像が
 生じる位置に、この位置に生じる実像および0次の回折
 像をカットして、1次以上の回折像のみを通過させるビ
 ームトラップが配設され、
 前記光検出器として、前記点像を複数に画素分割してそ
 れぞれの明るさを検出するものが用いられていることを
 特徴とする走査型顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光学式走査型顕微鏡に関
 し、特に詳細には、透過型の走査型顕微鏡に関するもの
 である。

【0002】

【従来の技術】従来より、照明光を微小な光点に収束させ、この光点を試料上において2次元的に走査させ、そ
 の際該試料を透過した光あるいはそこで反射した光、さらには試料から発せられた蛍光を光検出器で検出して、
 試料の拡大像を担持する電気信号を得るようにした光学式走査型顕微鏡が公知となっている。なお特開昭62-217
 218号公報には、この走査型顕微鏡の一例が示されてい
 る。

【0003】この走査型顕微鏡のうち透過型のものは、
 基本的に、◆試料が載置される試料台と、◆照明光を発
 する光源と、◆この照明光を試料上において微小な光点
 として結像させる送光光学系と、◆上記試料を透過光し
 た光束を集光して点像に結像させる受光光学系と、◆こ
 の点像を検出する光検出器と、◆上記光点を試料上にお
 いて2次元的に走査させる走査手段とから構成されるも
 のである。

【0004】

10 【発明が解決しようとする課題】ところで、上記のよう
 な透過型の走査型顕微鏡においては、従来、試料深さ方
 向の分解能が良くないという問題が認められていた。そ
 こで本発明は、この試料深さ方向の分解能が優れた走査
 型顕微鏡を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の走査
 型顕微鏡は、前述の通りの試料台、光源、送光光学系、
 受光光学系、光検出器、および走査手段を備えた走査型
 顕微鏡において、◆送光光学系の対物レンズとして、受
 光光学系の対物レンズよりも開口数の小さいものが用い
 られ、◆受光光学系による透過光収束位置に、この位置
 に生じる実像および0次の回折像のみを通過させて、1
 次以上の回折像はカットする絞りが配設され、◆そして
 上記光検出器として、上記点像を複数に画素分割してそ
 れぞれの画素の明るさを検出するものが用いられている
 ことを特徴とするものである。

【0006】また本発明による第2の走査型顕微鏡は、
 上記第1の走査型顕微鏡と同様の試料台、光源、送光光
 学系、受光光学系、光検出器、および走査手段を備えた
 走査型顕微鏡において、◆送光光学系の対物レンズとし
 て、受光光学系の対物レンズよりも開口数の小さいものが
 用いられ、◆受光光学系により試料の照明光収束位置
 の回折像が生じる位置に、この位置に生じる実像および
 0次の回折像をカットして、1次以上の回折像のみを通
 過させるビームトラップが配設され、◆そして上記光検
 出器として、上記点像を複数に画素分割してそれぞれの
 画素の明るさを検出するものが用いられていることを特
 徴とするものである。

【0007】

40 【作用および発明の効果】図1に、本発明による第1の
 走査型顕微鏡の光学系部分を示し、図4には、従来の走
 査型顕微鏡の光学系部分を示す。図中17が送光光学系の
 対物レンズ、19が受光光学系の対物レンズ、20が受光光
 学系の集光レンズ、23が試料、26が絞り（ピンホール
 板）、27が光検出器である。またFは対物レンズ17による
 照明光11の収束位置、F'は対物レンズ19の後側焦点
 面、F''は集光レンズ20による透過光11'の収束位置で
 ある。

【0008】図4に示される通り従来装置においては、
 50 分解能向上の点から照明光11をできるだけ小さなスッ

トPに絞るため、両対物レンズ17、19としては、互いに等しい大きな開口数を有するものが使用されている。そのような場合、照明光11は試料23中の収束位置Fでは平面波の状態となる一方、その前後（図中上下）の位置では極めて平面波に近い球面波の状態となって試料23を照射する。平面波の照明光11で照射された試料部分の回折像は、対物レンズ19の後側焦点面F'に生じ、この回折像が次に集光レンズ20により、収束位置F"において実像に変換される。他方、試料23中の収束位置F以外の部分は、球面波状態の照明光11によって照射されるから、本来、その回折像が収束位置Fに生じるはずである。

【0009】ところがこの球面波は、先に述べた通り、極めて平面波に近い状態となっているので、収束位置Fから離れた試料部分の回折像も対物レンズ19の後側焦点面F'に生じてしまう。そこで、収束位置F"に結像する実像には、収束位置F以外の試料部分の情報も含まれてしまうことになる。従来の走査型顕微鏡においては、以上のようにして、試料深さ方向の分解能が損なわれていたと考えられる。

【0010】それに対して本発明の走査型顕微鏡においては、送光光学系の対物レンズの開口数が、受光光学系の対物レンズのそれよりも小さいので、収束位置F以外の試料部分は、平面波に近くない（つまり、より球面波らしい）球面波によって照射されることになる。そこで、収束位置Fの試料部分の回折像は対物レンズ19の後側焦点面F'に、それ以外の試料部分の回折像は収束位置Fにと、より明確に分離して生じるようになる。そのため、収束位置F"に結像する実像は、ほぼ収束位置Fの試料部分のみの情報を含むものとなる。したがって本発明の走査型顕微鏡においては、従来装置と比べて、試料深さ方向の分解能が向上する。

【0011】なお、収束位置Fに生じた回折像は対物レンズ19によりその後側焦点面F'において実像に変換され、さらにこの実像は集光レンズ20により収束位置F"において回折像に変換される。本発明の第1の走査型顕微鏡では、この収束位置F"に前述した通りの絞りが配設されるので、収束位置F以外の試料部分の情報を多く含む高次の回折像がカットされ、オフセット成分となる0次回折像のみが実像とともに検出される。他方本発明の第2の走査型顕微鏡では、上記後側焦点面F'に前述した通りのビームトラップが配設されるので、収束位置F以外の試料部分の実像がカットされる。この際、収束位置Fの試料部分の0次回折像も同様にカットされるが、この試料部分の情報を多く含む高次の回折像はカットされないので、顕微鏡像観察の上で特に問題は生じない。

【0012】また、本発明の走査型顕微鏡においては、送光光学系の対物レンズの開口数が、受光光学系の対物レンズのそれよりも小さいので、従来装置と比べると、収束位置Fにおいて照明光11はより大きなスポットに収

束する。このままでは、横方向の分解能が劣ることになるが、本発明の走査型顕微鏡においては、光検出器として、点像を複数に画素分割してそれぞれの明るさを検出するものが用いられているので、上記スポット内の複数点の情報を個別に検出可能であり、それにより、横方向の分解能も高く確保できる。

【0013】

【実施例】以下、図面に示す実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。図2は、本発明の第1実施例による透

10 過型の共焦点走査型顕微鏡を示すものであり、図1はその光学系の部分のみを詳しく示すものである。図2に示されるように単色光レーザ10からは、照明光としての直線偏光のレーザビーム11が射出される。この照明光11はコリメーターレンズ12で平行光化された後、偏波面調整用のλ/2板9に通され、収束レンズ13で集光されて偏波面保存光ファイバー14内に入射せしめられる。

【0014】この光ファイバー14の一端は、移動台15に固定されており、該光ファイバー14内を伝搬した照明光11はこの一端から出射する。この際光ファイバー14の一

20 端は、点光源状に照明光11を発することになる。移動台15には、コリメーターレンズ16および対物レンズ（コンデンサーレンズ）17からなる送光光学系18が保持されている。また移動台15には、対物レンズ19および集光レンズ20からなる受光光学系21が保持されている。上記2つの光学系18、21は、互いに光軸を一致させて固定されている。また両光学系18、21の間には、移動台15と別体とされた試料台22が配されている。

【0015】上記の照明光11はコリメーターレンズ16によって平行光とされ、対物レンズ17によって集光さ

30 れ、試料台22に載置された試料23内で微小な光点（ピームスポット）Pに収束する。試料23を透過した透過光1'の光束は、受光光学系21の対物レンズ19によって平行光とされ、集光レンズ20によって集光されて、点像Qに結像する。移動台15を保持する架台32には、この結像位置に受光面が位置するようにして光検出器27が固定されている。移動台15には、この光検出器27の受光面のすぐ前側に位置するようにしてピンホール板（絞り）26が固定されており、そのピンホール26Aを通過した透過光11'が光検出器27によって検出される。

40 【0016】このときの像の変換を、図1を参照して説明する。照明光11は試料23中の収束位置Fでは平面波の状態となって試料23を照射する。平面波の照明光11で照射された試料部分の回折像は、対物レンズ19の後側焦点面F'に生じ、この回折像が次に集光レンズ20により、収束位置F"において実像に変換される。

【0017】ここで、送光光学系18の対物レンズ17としては、受光光学系21の対物レンズ19よりも開口数NAの小さいものが用いられている。この開口数NAの比は、例えば1:3程度とされる。光検出器27としては、CC

50 Dエリアセンサ等、複数の受光素子が2次元的に配列さ

れてなるものが用いられている。またこの光検出器27は、後述するようにして照明光光点Pが試料23を2次元的に走査したときには、それとともに移動する点像Qを常に検出できるだけの広い受光面を有する。一方ピンホール26Aの径Dは、収束位置Fにおける照明光光点Pのスポット径をd、対物レンズ19、集光レンズ20の焦点距離をそれぞれ f_1 、 f_2 として、 $D = d \times (f_1 / f_2)$ なる値に設定されている。

【0018】上記の構成においては、対物レンズ17、19として互いに等しい大きな開口数NAのものを用いる場合と比べて、照明光光点Pのスポット径dが大きめとなり、したがって点像Qも大きめとなる。この点像Qは上記光検出器27により、複数の受光素子単位で画素分割されて検出される。すなわちこの光検出器27の受光素子は、それらのうちの所定数（例えば 3×3 ）が点像Qの大きさ内に収まるような大きさおよび密度で配設されている。該光検出器27からは、上記所定数の各画素毎の明るさを示す光検出信号Sが出力される。

【0019】次に、照明光光点Pの2次元走査について説明する。上記移動台15と架台32との間には、積層ピエゾ素子33が介装されている。この積層ピエゾ素子33はピエゾ素子駆動回路34から駆動電力を受けて駆動し、移動台15を矢印X方向に高速で往復移動させる。なお、光ファイバー14は可携性を有するので、照明光11を伝搬させつつ、移動台15の振動を許容する。

【0020】一方試料台22と架台32との間には、積層ピエゾ素子47、49が介装されている。積層ピエゾ素子47はピエゾ素子駆動回路48から駆動電力を受けて駆動し、試料台22をY方向（図の紙面に垂直な方向）に高速で往復移動させる。それにより試料台22は移動台15に対して相対移動され、前記光点Pが試料23上を、主走査方向Xと直交するY方向に副走査する。以上のようにして照明光光点Pが試料23上を2次元的に走査することにより、該試料23の2次元拡大像を担持する信号Sが得られる。

【0021】また、上端に上記副走査用積層ピエゾ素子47を固定し、下端が粗動ステージ51を介して架台32に取り付けられた積層ピエゾ素子49は、ピエゾ素子駆動回路50から駆動電力を受けて駆動し、試料台22を保持した積層ピエゾ素子47を、主、副走査方向X、Yと直交する矢印Z方向、（光学系18、21の光軸方向）に移動させる。こうして試料台22をZ方向に所定距離移動させる毎に照明光光点Pの2次元走査を行なえば、試料23の表面に微細な凹凸が有る場合でも、合焦点面の情報のみが光検出器27によって検出される。そこで、この光検出器27の出力Sをフレームメモリに取り込むことにより、試料23をZ方向に移動させた範囲内で、全ての面に焦点が合った画像を担う信号を得ることが可能となる。

【0022】この走査型顕微鏡においては、前述した通り、送光光学系18の対物レンズ17として、受光光学系21の対物レンズ19よりも開口数NAの小さいものが用いら

れているので、従来装置に比べて試料深さ方向の分解能が向上する。その理由は、先に詳しく説明した通りである。そしてこの走査型顕微鏡においては、大きめとなる点像Qを光検出器27の複数の受光素子単位で画素分割して検出するようしているから、横方向の分解能も高く確保することができる。

【0023】また、試料23中の収束位置F以外の部分は、球面波状態の照明光11によって照射されるから、その回折像が収束位置Fに生じる。この回折像は対物レンズ19によりその後側焦点面F'において実像に変換され、さらにこの実像は集光レンズ20により収束位置F'において回折像に変換される。しかし本装置では、ピンホール26Aの径Dが $d \times (f_1 / f_2)$ なる値とされているので、収束位置F'に生じる回折像のうち、収束位置F以外の試料部分の情報を多く含む1次以上の回折像はカットされ、オフセット成分となる0次回折像のみが実像とともに検出される。そして、上記のように透過光11'をピンホール板26を介して検出することにより、試料23で散乱した光等の不要光をカットすることもできる。

【0024】なおピエゾ素子駆動回路34、48および50には、制御回路35から同期信号が入力され、それにより、光点Pの主、副走査および試料台22の光軸方向移動の同期が取られる。また粗動ステージ51は手動で、あるいは駆動手段を用いてY方向に移動可能であり、こうして試料台22を動かすことにより、試料23の交換を容易に行なうことができる。

【0025】次に、図3を参照して本発明の第2実施例について説明する。なお図3において、図1中の要素と30同等の要素には同番号を付し、それらについての重複した説明は省略する。

【0026】この図3は、第2実施例の走査型顕微鏡の光学系の部分を示すものであり、図示されていないその他の部分は、基本的に第1実施例におけるのと同様に形成される。この第2実施例の走査型顕微鏡は、第1実施例の走査型顕微鏡と比べると、ピンホール板26が省かれてその代わりに、受光光学系21の対物レンズ19の後側焦点面F'に小円板状のビームトラップ28が配設されている点が異なる。このビームトラップ28の径は、照明光11が試料23を透過する際の最大ビーム径をd'として、d'なる値に設定されている。

【0027】上記の後側焦点面F'には、平面波状態の照明光11によって照射された収束位置Fの試料部分の回折像と、球面波状態の照明光11によって照射された収束位置F以外の試料部分の実像とが生じる。ビームトラップ28はこの実像をカットする。またそれとともに、上記回折像のうち0次の回折像もカットされるが、ビームトラップ28よりも外側に生じる1次以上の回折像はカットされない。収束位置Fの試料部分の情報は主に高次の回折像に含まれるので、この高次の回折像がカットされな

ければ、顕微鏡像観察の上で特に問題はない。

【0028】なお、上記のようなビームトラップ28を設ける場合に、第1実施例において使用されているピンホール板26を併せて設けても構わない。

【0029】また、試料台22を移動させることによって照明光光点の副走査を行なう代わりに、移動台15を移動させることによってこの副走査を行なうようにしてもよい。また移動台15や試料台22の移動は、積層ピエゾ素子を利用して行なう他、例えば音叉、ボイスコイルあるいは超音波による固体の固有振動を利用した走査方式等を用いて行なうこととも可能である。

【0030】また、以上説明した2つの実施例においては、点像Qの移動範囲に亘る大きさの受光面を有する光検出器27が用いられているが、最小限点像Qを検出できるだけの大きさの受光面を有する2次元光検出器を用い、それを光学系18、21とともに移動台15に搭載するようにしてもよい。さらには、点像Qを光電検出する光検出器27に代えて、この点像Q内の明るさの分布を表示できるだけの解像力を備えた蛍光板等を利用して、そこに顕微鏡像を直接表示させるようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例による走査型顕微鏡の光学系部分を示す概略側面図

【図2】上記第1実施例の走査型顕微鏡の全体構成を示す

* す概略側面図

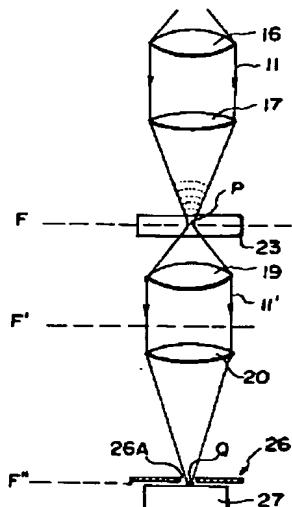
【図3】本発明の第2実施例による走査型顕微鏡の光学系部分を示す概略側面図

【図4】従来の走査型顕微鏡の光学系部分を示す概略側面図

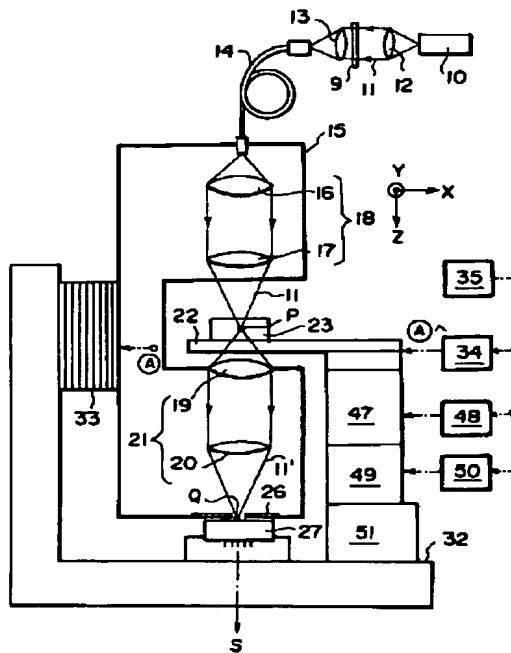
【符号の説明】

10	単色光レーザ
11	照明光
11'	透過光
14	偏波面保存光ファイバー
15	移動台
16	コリメーターレンズ
17, 19	対物レンズ
18	送光光学系
21	受光光学系
22	試料台
23	試料
26	ピンホール板
27	光検出器
28	ビームトラップ
32	架台
33, 47, 49	積層ピエゾ素子
34, 48, 50	ピエゾ素子駆動回路
35	制御回路

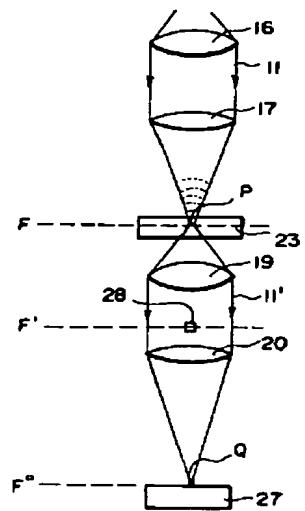
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

